

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 11 月 6 日 (06.11.2003)

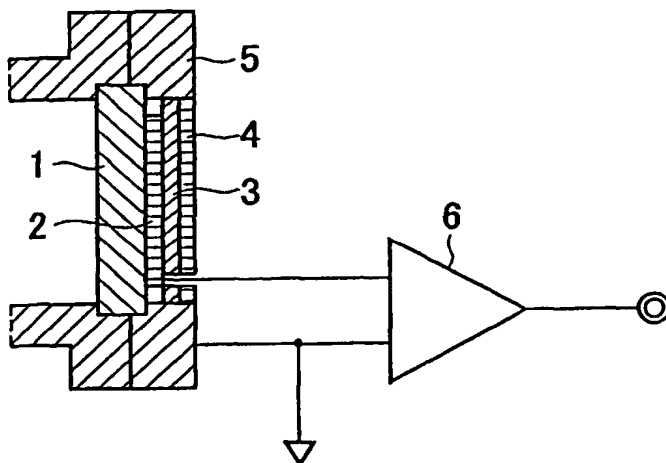
PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/092059 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/205 (YASAKA,Mitsuo) [JP/JP]; 〒861-2401 熊本県 阿蘇郡 西原村 島子 3 5 8-3 株式会社東京カソード研究所 九州事業所内 Kumamoto (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04016
- (22) 国際出願日: 2003 年 3 月 28 日 (28.03.2003) (74) 代理人: 眞鍋 潔 (MANABE,Kiyoshi); 〒105-0001 東京都 港区 虎ノ門二丁目 9 番 1 1 号 信和ビル Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (30) 優先権データ: 特願2002-122240 2002 年 4 月 24 日 (24.04.2002) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 科学技術振興事業団 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CORPORATION) [JP/JP]; 〒332-0012 埼玉県 川口市 本町 4 丁目 1 番 8 号 Saitama (JP).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 八坂 三夫
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: WINDOW TYPE PROBE, PLASMA MONITORING DEVICE, AND PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置



(57) Abstract: A window type probe, a plasma monitoring device, and a plasma processing device, the probe capable of directly and conveniently detecting the state of plasma generated by the application of a high frequency or a high voltage, comprising at least a conductive support member (5) having an opening part at least partly in the surface thereof opposed to the plasma and a dielectric member (1) having a probe electrode (2) on one surface thereof, wherein the dielectric member (1) is installed in the opening part of the conductive support member (5).

(57) 要約: 窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置に関し、高周波或いは高電圧の印加によって発生させたプラズマの状態を直接、簡便に検出することを目的とし、プラズマに対向する面の少なくとも一部に開口部が設けられた導電性支持部材(5)と、前記導電性支持部材(5)の開口部に設置された片側表面にプローブ電極(2)を有する誘電体部材(1)とを少なくとも設ける構成とする。

WO 03/092059 A1

明 細 書

窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置

技術分野

本発明は窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置に関するものであり、特に、被処理基体に高周波、或いは高電圧によるプラズマ放電を用いて処理するプラズマ処理装置におけるプラズマの変動を簡単に、迅速に、精度良く検出するための構成に特徴のある窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

現在、半導体製造分野において、プラズマCVD、アッシング、エッチング、スパッタリング或いは表面処理等を目的として、被処理基体にプラズマ放電を用いて処理するプラズマ処理方法が広く用いられている。

そのプラズマ処置を施すプラズマ処理工程において、高電圧または高周波電源の高周波電圧を印加する際に、発生したプラズマの安定性、再現性の不良により被処理基体に設けた電子素子特性の変動を引き起こす問題がある。

このような問題に対処するためにプラズマの再現性、安定性の確認を的確に検出することが求められている。

現在、この様な要請に応えるために様々な研究がなされており、異常放電においてはプラズマの発光強度の変化、電源の電圧・電流の変化、プラズマ・インピーダンスの変化、或いは、高調波の変化を検出することにより、プラズマの再現性、安定性つまり変動の確認においては、ガス圧の変動、発光スペクトルの変化を検出することによりプラズマの変動の検出が試みられている。

また、RF電源の電圧或いは電流の変化或いはプラズマ・インピーダンス

の変化をモニターするため、電源ラインに検出器を挿入することが行われている。

しかしながら、上述の公知方法では、プラズマ特性へ与える影響、及び、迅速性や簡便性において問題があり、また、コストもかかり、これらを設置するための余分なスペースを必要とするという問題もあった。

したがって、本発明は、高周波或いは高電圧の印加によって発生させたプラズマの状態を直接、簡便に検出することを目的とする。

発明の開示

図1は、本発明の原理的構成図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。

図1参照

(1) 本発明は、窓型プローブにおいて、プラズマに対向する面の少なくとも一部に開口部が設けられた導電性支持部材5と、前記導電性支持部材5の開口部に設置された片側表面にプローブ電極2を有する誘電体部材1とを少なくとも有することを特徴とする。

この様な窓型プローブは、プロセスチャンバーの側壁に設けるだけであるので、プロセスチャンバーの内部にプローブを挿入設置する必要がなく、したがって、窓型プローブの存在がプラズマの状態に影響を与えることがなく、簡単な構成によってプラズマ状態をモニタすることができる。

即ち、プロセスチャンバー内に生成されたプラズマに起因して、プラズマに対向する誘電体部材1の表面に壁電位と呼ばれる電位が誘起されるため、この壁電位の変動をモニタすることによって、プラズマ状態をモニタすることができる。なお、検出電位を安定化するために、プローブ電極2を絶縁部材3を介して電磁シールド部材4でシールドすることが望ましい。

(2) また、本発明は、上記(1)において、プローブ電極2に、インピーダンス整合手段6を接続したことを特徴とする。

この様に、プローブ電極 2 から電圧を検出するためには電圧測定系との間に、増幅器、インピーダンス変換器、或いは、抵抗等のインピーダンス整合手段 6 を接続する必要がある。

(3) また、本発明は、上記 (1) または (2) において、誘電体部材 1 が、光学的に透明なガラスからなることを特徴とする。

壁電位が誘起される誘電体部材 1 は、不透明でも良いが、光学的に透明なガラスを用いることが望ましく、それによって、プロセスチャンバー内部の反応等を光学的に観測することが可能になる。

(4) また、本発明は、上記 (3) において、プローブ電極 2 が、光学的に透明な導電性物質からなることを特徴とする。

壁電位の検出感度を高めるためにプローブ電極 2 の面積を大きくした場合には、この窓型プローブを介してプロセスチャンバー内部の反応等を光学的に観測するためには、プローブ電極 2 も光学的に透明な導電性物質で構成する必要がある。

(5) また、本発明は、上記 (1) 乃至 (4) のいずれかにおいて、導電性支持部材 5 に設けた開口部が、のぞき窓の機能を有することを特徴とする。

このように、のぞき窓の機能を持たせることによって、プロセスチャンバーに設けられているビューポート、即ち、のぞき窓と兼用することができ、装置構成を簡素化することができる。

(6) また、本発明は、プラズマ監視装置において、上記 (1) 乃至 (5) のいずれかに記載の窓型プローブを用い、この窓型プローブの出力端に、電圧波形を計測する電圧波形計測部を具備してなることを特徴とする。

この様に、上記の窓型プローブを用いてプラズマ監視装置を構成する場合には、窓型プローブの出力端に、電圧波形を計測する電圧波形計測部を設け、電圧波形によってプラズマ状態を監視すれば良い。

なお、電圧波形計測部は、電圧波形をアナログ／デジタル変換する A/D

変換部及び電圧波形を処理して平均波形、平均電圧、平均振幅等を導出してプラズマの状態を監視するデータ処理部とを少なくとも備えたものとする。

(7) また、本発明は、上記(6)において、電圧波形計測部により検出した電圧波形の周期的な波形の変化の不一致量を検出してプラズマの安定性を検出するプロセスモニタ機構を有することを特徴とする。

この様に、電圧波形の周期的な波形の変化の不一致量を検出することによって、プラズマプロセス中のプラズマ状態を精度良くモニタすることができる。

(8) また、本発明は、上記(6)において、電圧波形計測部により検出した電圧波形の変化によりプラズマの異常放電を検出する異常放電モニタ機構を有することを特徴とする。

この様に、電圧波形計測部により検出した電圧波形の変化によりプラズマの異常放電を検出することによって、プラズマプロセス中に突発する異常放電をモニタすることができる。

(9) また、本発明は、プラズマ処理装置において、上記(6)乃至(8)のいずれかに記載のプラズマ監視装置を備えたことを特徴とする。

この様に、プラズマ処理装置に上記のプラズマ監視装置を備えることによって、再現性の高いプラズマ処理を行うことが可能になる。

(10) また、本発明は、上記(9)において、開口部が設けられた導電性支持部材5が、反応容器ののぞき窓を構成するフランジ部であり、誘電体部材1がフランジ部を密閉する透明ガラス板であることを特徴とする。

この様に、既成のプラズマ処理装置にプラズマ監視装置を取り付ける際には、のぞき窓、即ち、ビューポートを構成するフランジ部を利用すれば良く、それによって、プローブを取り付けるための特別のスペースは不要になるので、装置構成を簡素化することができる。

図 1 は、本発明の原理的構成の説明図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブ付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態に用いる窓型プローブの概略的構成図である。

図 4 は、RF 放電における窓型プローブの検出波形の説明図である。

図 5 は、RF 放電で入力電力が変動している場合の窓型プローブの検出波形の説明図である。

図 6 は、RF 放電での装置異常により RF 電源を即断した場合の窓型プローブの検出波形の説明図である。

図 7 は、本発明の第 1 の実施の形態における窓型プローブによる検出波形の処理方法の説明図である。

図 8 は、本発明の第 2 の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

図 9 は、本発明の第 2 の実施の形態における DC 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図である。

図 10 は、本発明の第 2 の実施の形態における RF 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図である。

図 11 は、本発明の第 3 の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

図 12 は、本発明の第 3 の実施の形態における異常放電検出方法の説明図である。

図 13 は、本発明の第 4 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図である。

発明を実施するための最良の形態

ここで、図 2 乃至図 7 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態の窓型プロ

ープ付きプラズマ処理装置及び検出信号処理方法を説明する。

図 2 参照

図 2 は本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブ付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

このプラズマ処理装置は、ガス導入口 12、排気口 13、及び、プローブ取付け部 14 を有するプロセスチャンバー 11、プロセスチャンバー内に配置された、Si ウェハ 16 を載置する下部電極 15 及び導入ガスを噴射するシャワーヘッドを兼ねる上部電極 17 とを対向させた平行平板型電極、下部電極 15 にブロッキングコンデンサ等から構成されインピーダンス整合をとる整合器 18 を介して 13. 56 MHz の RF 電力を印加する高周波電源 19、及び、上部電極 17 を接地する接地配線 20 から構成される。

また、プローブ取付け部 14 は、通常のビューポートを構成するフランジ部材からなるものであり、このフランジ部材に窓型プローブ 30 を取付け、この窓型プローブ 30 からの検出出力は同軸ケーブルを介してデジタルオシロスコープ 40 に接続されている。

なお、このデジタルオシロスコープ 40 の入力インピーダンスは、例えば、50 オームとする。

図 3 参照

図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図であり、この窓型プローブ 30 は、通常のビューポートに用いられる光学的に透明なコパールガラス等のガラス板 31、このガラス板 31 のプラズマに対して外側に設けられた ITO 等からなるプローブ電極 32、プローブ電極 32 の表面を絶縁被覆するポリエステル等の透明絶縁膜 33、その上に設けられプローブ電極 32 を電磁的にシールドする ITO シールド 34、及び、インピーダンス変換器 35 によって構成される。

この場合、プローブ電極 32 はプローブ取付け部 14 と電氣的に短絡しないように、周辺部が欠如されており、また、ITO シールド 34 及び透明絶

縁膜 3 3 には微小開口部が設けられており、この微小開口部を通してプローブ電極 3 2 は同軸ケーブルによってインピーダンス変換器 3 5 に接続される。

また、このプローブ取付け部 1 4 は、通常のビューポートと同様に、Oリング及びグリース等を用いることによって真空中に密閉する構成となっている。

なお、この場合、プローブ電極 3 2 と同軸ケーブルとの間の接触には、例えば、スプリングピンを使用しており、また、ITOシールド 3 4 とプローブ取付け部 1 4 との間の接触も同様に行う。

この様に、窓型プローブ 3 0 の窓部を全て透明部材で構成しているので、この窓型プローブ 3 0 は、プラズマ処理装置のプロセスチャンバーののぞき窓としても機能させることができる画期的で大きな利点があるものである。

次に、この窓型プローブによるプラズマ状態のモニタ原理を説明する。

再び、図 2 参照

ガス導入口 1 2 より反応ガスをプロセスチャンバー 1 1 内に導入し、一定の圧力の下で RF 電力を上部電極 1 7 と下部電極 1 5 との間に印加すると電極間にプラズマ 2 1 が生成するが、生成されたプラズマからはその密度勾配がある為にイオンと電子がプロセスチャンバー 1 1 の壁側へ拡散する。

この拡散するイオン及び電子の電流密度はプラズマ本体の密度に依存しているためプロセスチャンバー 1 1 の一部に絶縁物を設置した場合、プラズマ本体が持つ電位であるプラズマ電位とプラズマ本体より拡散して、絶縁物の表面近傍に形成されたシース (sheath) を通ってくるイオン流或いは電子流の量に応じ、均衡がとれる様に壁電位と呼ばれる電位が絶縁物表面、したがって、本発明においてはガラス板 3 1 の表面に誘起される。

このガラス板 3 1 の表面に誘起された壁電位はシース電位分だけプラズマ電位より低く、高周波放電の場合には、プラズマの励起周波数に同期した電位変化を示し、また、直流放電では一定な電位を示す。

しかし、プラズマ 2 1 が何らかの原因により変動、動揺する場合には、例えば、電源の変動、ガス圧の変動するような状況が発生した場合、そのプラズマ 2 1 はプラズマ 2 2 のように状態が変化し、その状況変化に応じてプロセスチャンバー 1 1 の壁部へ拡散するイオン流或いは電子流も敏感に変化する為に、プロセスチャンバー 1 1 に設置された誘電体であるガラス板 3 1 に誘起される壁電位も敏感に変化することになる。

そのため、DC 放電では、壁電位波形は一定ではなくプラズマの変動に同期して変動した波形になり、RF 放電の場合では、プラズマの励起周波数に同期した電位波形が変動し、波形の歪、或いは波高値等が変化する。

また、異常放電の発生等の様に突発的な変化が生じた場合では、プラズマが急激に変化し、質量が軽い電子が敏感に反応するので、電子流が急激に減少するために壁電位も敏感且つ急激にプラス側に変化し、一方、逆に増加する場合には、壁電位はマイナス側に変化する。

したがって、壁電位が変化すると、プロセスチャンバー 1 1 に設置されたガラス板 3 1 のプラズマに対向しない片面に設けたプローブ電極 3 2 に静電誘導によりプラズマの変化に応じた電位変化が誘発される。

この誘導電位を計測して、その電位情報を処理することで、壁電位の波高値、歪の状態等のプラズマの状況変化を検出でき、それを指標にすることによって、プラズマの安定性、再現性、変動等の監視、確認を迅速に、且つ簡便に行うことが可能となる。

但し、窓型プローブ 3 0 のガラス板 3 1 の表面に誘起される壁電位は、ガラス板 3 1 の周りにできるシースのインピーダンスとプローブ自体のインピーダンスにより決まるため、プローブ電極 3 2 がプラズマ電位と完全に平行に振れるためには、励起周波数だけではなく高調波成分に対するプローブ電極 3 2 のインピーダンスも大きくなければならない。

即ち、シースのインピーダンスを小さく、窓型プローブ自体のインピーダンスを大きくする必要がある。

シースのインピーダンスを小さくするには、単にガラス板 31 の表面積を大きくすることが考えられ、本発明の窓型プローブ 30 はガラス板 31 のプラズマ 21, 22 に対向する面積は十分に大きくする。

なお、ITO から構成されるプローブ電極 32 のインピーダンスは正確に分からなくても良く、インピーダンスが無限大の時プローブ電圧は最大値をとるので、プローブの壁電位が最大値をとるようにインピーダンスを調整すれば良い。

次に、図 4 乃至図 6 を参照して本発明の窓型プローブを用いて測定した電圧波形を説明する。

図 4 (a) 参照

図 4 (a) は、プロセスチャンバー 11 に高周波電源 18 より電力を供給し安定してプラズマを生成した時の、窓型プローブ 30 から出力される電圧波形である。

図において、横軸は時間〔秒〕、縦軸は電圧であり、周波数 13.56 MHz に対応して 1 周期 73 ナノ秒 ($73 \text{ ns} = 7.3 \times 10^{-8} \text{ s}$) で繰り返す安定した電圧波形が得られており、プラズマの振動波形及び振幅を測定することができる。

図 4 (b) 参照

図 4 (b) は、不安定な状態のプラズマの場合に観測される電圧波形であり、図に示すようにこの電圧波形には歪があり、波高値（ピーク値）も一周期毎に変動していることが測定される。

図 5 参照

図 5 は、RF 放電で入力電力が変動している場合の窓型プローブの検出波形の説明図であり、入力電力の変動に応じて検出波形も緩やかに変化していることが観測される。

この場合、検出波形における波高値も RF 入力電力に比例していることが確認され、この窓型プローブによる検出波形は、高周波電源 19 の周波数の

周期で変化していて、波形の歪の状態、ピーク値等がプラズマの特性を反映している。

図6 参照

図6は、RF放電での装置異常によりRF電源を即断した場合の窓型プローブの検出波形の説明図であり、RF電源が即断されたため、質量が軽い電子が急激に拡散して壁電位がマイナス側に変化するために検出波形はプラス側に反応している。

このように、本発明の窓型プローブ30は、プラズマ状態の変化の状況に応じて拡散するイオン流或いは電子流の敏感な変化を捕らえることができるので、プラズマ状態の変化を確実、且つ、迅速に感度良く検出することができる。

次に、図7を参照して本発明の第1の実施の形態における窓型プローブによる検出波形の処理方法を説明する。

図7 (a) 参照

図7 (a) に示すように、窓型プローブ30で検出した電圧波形 $f(t)$ のうち、任意の時間或いは任意の数 (n) の周期分の波形 $f_i(t)$ から平均値 $V_{av}(m)$ 、振幅 $V_{av}(pp)$ 、平均化した波形 $f_{av}(t)$ を求める。

この場合、平均化した波形 $f_{av}(t)$ は、

$$f_{av}(t) = \Sigma f_i(t) / n$$

から求める。

図7 (b) 参照

次に、この平均化した波形 $f_{av}(t)$ に基づいて平均値 $V_{av}(m)$ 及び振幅 $V_{av}(pp)$ を求める。

この平均値 $V_{av}(m)$ 、振幅 $V_{av}(pp)$ 、及び、平均化した波形 $f_{av}(t)$ の安定なプラズマ状態における値に対するひずみ率を指標として用いて行うために、基本波とする波形を対象とするプラズマ処理装置の所定の処理条件で、窓型プローブで予めプラズマが安定した状態における検出波形デー

タとして取得しておき、これを基本波データとする。

この基本波データに対して、基本波の任意の時間或いは任意の数に周期分をとり、1周期波形として平均化した波形 $f_{av0}(t)$ 、 $V_{av0}(pp)$ 、及び、 $V_{av0}(m)$ をそれぞれに求める。

更に、それらの値はプラズマを生成するための入力電力に応じて変化するので、入力電力に応じた係数を求めておき、これらを設定初期値として記憶しておく。

ここで、検出する検出波形を $f(t)$ とすると基本波に対してプラズマ処理中のプローブ波形がどの程度ひずんでいるかを示す指標としてのひずみ率 α は、

$$\alpha = f_{av}(t) / f_{av0}(t)$$

と表されるので、これにより、高調波成分がどの程度あり、波形が歪んでいるかが分かる。

また、同様に、 $V_{av}(m)$ 、 $V_{av}(pp)$ に関しても、 $V_{av0}(m)$ 、 $V_{av0}(pp)$ を基準として、それぞれの係数を m 、 p として

$$m = V_{av}(m) / V_{av0}(m),$$

$$p = V_{av}(pp) / V_{av0}(pp)$$

と定義する。

これらの各係数 α 、 m 、 p によって、プローブ検出波形の大きさの変動と動揺の状態を検出することができる。

即ち、これらの係数 α 、 m 、 p をプラズマの入力電力毎に予め設定しておき、それとプラズマ処理装置がプラズマ処理中に、プローブ検出波形を任意の時間、或いは周期分毎に、その間の平均波形 $f_{av}(t)$ を求めて、基準波形の $f_{av}(0)$ と比較して、その係数 α' が予め定めた設定値より大きいか、小さいか否かをデータ処理部において判定し、予め定めた値より大きい或いは小さい場合に、プラズマ装置に対して警報を発する。

例えば、ひずみ率 α' 、或いは、 $V_{av}(pp)$ が設定内であっても、 V_{av}

(m) が設定外の場合、プラズマパワーの入力の問題以外に、ガス流量、真空度との絡みの問題でプラズマが揺らいでいることが考えられるので、プラズマの不安定状態であることの警告を発信する。

また、単に $V_{av}(pp)$ が設定値から外れている場合には、プラズマ 21 と高周波電源 19 のインピーダンスの整合が取れていないか、又は、高周波電源 19 の入力パワー設定のずれが考えられ、予め設定した値より小さい場合には、プラズマとの整合が取れてないことになるので、警告を発信するとともに、プラズマ電源に対してプラズマとの整合を取るように制御信号を出力する。

一方、 $V_{av}(pp)$ が予め設定した値より大きい場合は、高周波電源 19 に対する入力パワー設定のずれと判断できるので、設定ミスの警告を発信する。

この本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブにおいては、プラズマ処理を長期間実施して、絶縁層がデポジットされる場合にも、付着した絶縁層が極端に厚くならないかぎり、何ら問題なく動作するので、コスト、設置場所の両面において生産現場のプラズマ処理装置への適用性は大変優れている。

次に、図 8 乃至図 10 を参照して、上記の窓型プローブを備えて、プラズマの変動及び異常放電等を検出する本発明の第 2 の実施の形態のプラズマ処理装置を説明する。

図 8 参照

図 8 は、本発明の第 2 の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図であり、基本的構成は上記の第 1 の実施の形態と同様であるが、検出系においてデジタルオシロスコープ 40 の代わりにプラズマ監視装置 50 を用いたものであるので、同一部分については説明は省略する。

このプラズマ監視装置 50 は、窓型プローブ 30 と、A/D 変換部 51、データ処理部 52、フィルター処理部 53、及び、異常放電検出部 54 等から構成されている。

このデータ処理部 5 2 により、上記の第 1 の実施の形態において説明した、検出波形に基づいて平均波形 $f_{av}(t)$ 、平均電圧 $V_{av}(m)$ 、平均振幅 $V_{av}(pp)$ 、及び、各係数 α, m, p を求める。

通常のプロセス監視については、上記の第 1 の実施の形態と同様であるので、ここでは、図 9 及び図 10 を参照して異常放電検出について説明する

図 9 参照

図 9 は、第 2 の実施の形態における DC 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図であり、プラズマ生成用電源電圧、電流の変動を計測して異常放電を検出するアークモニターの検出波形も合わせて示している。

上段に示したアークモニターの電流検出波形は、異常放電の発生に反応して急激に増加している。

一方、下段に示した窓型プローブの検出波形は、立ち上がり鋭く一瞬プラス側に変化していてその後マイナスからプラスに変化しながら収束しているが、これは異常放電が発生した瞬間は瞬停状態になり拡散する電子流が急激に増加したため、一瞬、壁電位が図 6 に示した電源断時とは反対にマイナスに変化した後、電源の制御により比較的緩やかに変化しながら収束したものと思われる。

この窓型プローブの検出波形は、アークモニターより波形の立ち上がりが早く敏感に、感度良く応答していることが理解される。

図 10 参照

図 10 は、第 2 の実施の形態における RF 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図であり、RF プラズマで異常放電発生時の超音波を検出する超音波センサによる検出波形を合わせて示している。

なお、異常放電について、本発明者は、プラズマ処理中に異常放電 2 4 が発生すると、放電によって超音波 (AE: Acoustic Emission) が発生し、発生した AE がプラズマ処理装置の外壁を伝播することを利用して、プラズマ処理装置の外壁に AE センサを取り付けて異常放電によ

って発生したAEを検出することにより放電発生位置を特定することを提案している（必要ならば、特願2000-89840号参照）。

上段に示した窓型プローブによる検出波形は、図9に示したDCプラズマでの異常放電発生時と同様に、異常放電24に敏感に良く反応してマイナス側に急激に変化しているので、壁電位がマイナス側に変化していることから拡散電子量が増加してプラズマが瞬停状態になっていることがわかる。

なお、この窓型プローブにおける検出波形は、RF成分を除去した検出波形である。

一方、下段に示した超音波センサによる検出波形は、異常放電の発生位置と超音波のプロセスチャンバー11の壁面を伝搬する伝播速度の関係から上段の窓型プローブの検出波形の変化に遅れて、異常放電に伴う超音波検出されているのが確認できる。

次に、異常放電を検出する方法を簡単に説明する。

窓型プローブ30の検出波形は、A/D変換部51を介して入力され、その波形データをフィルター処理部53にて、ローパスフィルターにより13.56MHzのRF成分をカットし、異常放電検出部54において、異常放電の信号を検出する。

次いで、検出信号に対して波形の変化量を求めるため、検出波形 $f(t)$ を微分し、その値を β とすると

$$\beta = df(t) / dt$$

と表される。

この β を監視することにより波形の変化状態を検出することができる。

図10及び図6に示したように、異常放電、或いは、電源の瞬停がある場合、壁電位に急激な変化があるので、異常放電検出部54において、 β の値がプラス或いはマイナスかに変化する。

そこで、 $f(t)$ の値が、あるしきい値を超えて、 β の値が予め求めている設定値より大きくなった場合に異常を検出して、その β 値が、マイナスの

場合に異常放電と判断して、プラズマ処理装置に対して警報を発する。

また、電子流の変化は異常放電の規模と関係があるため、その波形の波高値 $V(p-p)$ から、異常放電の規模を推定することも可能である。

次に、図11を参照して、異常放電の位置を確認する手段も合わせて用いた本発明の第3の実施の形態を説明する。

図11参照

図11は、本発明の第3の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図であり、基本的な装置構成は図8に示した第2の実施の形態のプラズマ処理装置と同様である。

この第3の実施の形態においては、さらに、3個以上のAEセンサ25～27をプロセスチャンバー11の外壁面に取り付けたものであり、それによって、異常放電の発生した位置を特定するものである（必要ならば、特願2001-370610号参照）。

なお、この場合には、3つのAEセンサを示している。

図12参照

図12は、本発明の第3の実施の形態における異常放電検出方法の説明図であり、まず、上段に示す窓型プローブ30の検出波形により、上述の方法により異常放電の発生を判断し、異常放電24が発生したと判断した場合に、AEセンサ25～27による異常放電24の発生位置の特定動作をスタートさせる。

次いで、3つのAEセンサ25～27からの3つの検出波形から、異常放電24が発生した場所と各AEセンサ25～27を接地した場所との距離の差に起因する遅延時間 T_0 、 T_1 、 T_2 を求め、この遅延時間 T_0 、 T_1 、 T_2 から地震の震源地の特定の原理と同様の原理によって異常放電24の発生位置を特定する。

この場合に、異常放電の判定を窓型プローブ30の検出波形によって行っているため、機械振動をAEセンサで検出して誤って異常放電の発生と判断

することがなくなる。

また、窓型プローブ 30 の検出波形に基づいて異常放電の発生を確認したのち、AE センサによる位置特定動作を介しているので、AE センサを無駄に作動させることがなくなる。

次に、図 13 を参照して、本発明の第 4 の実施の形態の窓型プローブを説明する。

図 13 参照

図 13 は、本発明の第 4 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図であり、この窓型プローブは、図 3 に示した窓型プローブ 30 と基本的構成は同様であり、通常のビューポートに用いられる光学的に透明なコパールガラス等のガラス板 31、このガラス板 31 のプロセスチャンバーに対して外側に設けられた ITO 等からなるプローブ電極 32、プローブ電極 32 の表面を絶縁被覆するポリエステル等の透明絶縁膜 33、その上に設けられプローブ電極 32 を電磁的にシールドする ITO シールド 34、及び、インピーダンス変換器 35 によって構成される。

この第 4 の実施の形態においては、ガラス板 31 よりプラズマの発生領域寄りに光学的に透明な防着ガラス板 36 を設けたものであり、それによって、窓型プローブを構成するガラス板 31 の表面の汚れの発生を防止することができる。

この場合も、プローブ電極 32 はプローブ取付け部 14 と電氣的に短絡しないように、周辺部が欠如されており、また、ITO シールド 34 及び透明絶縁膜 33 には微小開口部が設けられており、この微小開口部を通してプローブ電極 32 は同軸ケーブルによってインピーダンス変換器 35 に接続される。

また、このプローブ取付け部 14 は、通常のビューポートと同様に、O リング及びグリース等を用いることによって真空中に密閉する構成となっている。

この場合も、窓型プローブの窓部及び防着ガラス板 3 6 を全て透明部材で構成しているので、この窓型プローブは、プラズマ処理装置のプロセスチャンバーののぞき窓としても機能させることができる画期的で大きな利点があるものである。

プラズマ処理による反応生成物による汚染が発生しても、防着ガラス板 3 6 を交換するだけで良いので、窓型プローブのガラス板 3 1 側については、交換、洗浄作業等を必要としない。

但し、防着ガラス板 3 6 を設けることによって検出感度は若干低下する。

以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載された構成・条件に限られるものではなく、各種の変更が可能である。

例えば、上記の各実施の形態においては、プラズマ処理装置として平行平板電極型のプラズマ処理装置を例として説明しているが、プラズマ処理装置の構成はこの様な平行平板電極型のプラズマ処理装置に限られるものではなく、各種の構造のプラズマ処理装置に適用されるものである。

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブをプロセスチャンバーの外壁の一箇所に設置しているが、プロセスチャンバーの外壁の複数箇所に設置しても良いものである。

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブをプロセスチャンバーに取付け部を設けて取り付けることを前提に説明しているが、既設のプラズマ処理装置に取り付けても良いものである。

即ち、対象となるプラズマ処理装置に既にのぞき窓がある場合、のぞき窓のガラスの大气側表面に電極として光学的に透明な I T O シート等の導電性シートを貼ることで、簡単に窓型プローブを構成することができる。

また、上記の実施の形態においては、プローブ電位を測定するのは、高周波電圧を測定できる装置であり、例えば、入力インピーダンスが $50\ \Omega$ のデジタルオシロスコープであるが、デジタルオシロスコープに限られるものではなく、サンプリングオシロスコープ、周波数アナライザー等高周波電圧を

測定できる装置であれば差し支えない。

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブにおける壁電位を誘起させる誘電体は基板状のガラス板であるが、必ずしも基板状のガラスである必要はない。

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブにおいて壁電位を誘起する部材としてガラス板を用いているが、必ずしもガラス板である必要はなく、誘電体であれば良く、例えば、サファイア基板等の他の誘電体基板を用いても良いものである。

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブにのぞき窓の機能を持たせるために全体を透明部材で構成しているが、必ずしも全てを透明部材で構成する必要はなく、例えば、プローブ電極をAlやAuで形成しても良いものである。

その場合には、プローブ電極を小さな円盤状電極とする或いは円環状の電極とすることによって、のぞき窓の機能を持たせることができる。

また、窓型プローブにのぞき窓の機能を持たせることは必ずしも必須ではなく、その場合には、窓型プローブの少なくとも一部を不透明部材で形成しても良いものである。

また、窓型プローブのプローブ電極は必ずしも面状に広がった電極である必要はなく、線状の電極をガラス板に貼り付けてもプローブとして機能することは言うまでもない。

産業上の利用可能性

以上述べたように、本発明の窓型プローブとプラズマ監視装置により、プラズマの状態変化を壁電位の平均電位、電位の振動波形の測定により確認することができ、また、異常放電等の異常等の検出も簡便に行うことが可能になり、特に、窓型プローブをのぞき窓としても機能させることができ、プラズマ処理装置の状態を自動的に知ることができ、自動的に停止したり、プラ

ズマを制御したりすることにより不良品の作りこみ防止が可能なプラズマ処理装置に適している。

請 求 の 範 囲

1. プラズマに対向する面の少なくとも一部に開口部が設けられた導電性支持部材と、前記導電性支持部材の開口部に設置された片側表面にプローブ電極を有する誘電体部材とを少なくとも有することを特徴とする窓型プローブ。
2. 上記プローブ電極に、インピーダンス整合手段を接続したことを特徴とする請求項1記載の窓型プローブ。
3. 上記誘電体部材が、光学的に透明なガラスからなることを特徴とする請求項1記載の窓型プローブ。
4. 上記プローブ電極が、光学的に透明な導電性物質からなることを特徴とする請求項3記載の窓型プローブ。
5. 上記導電性支持部材に設けた開口部が、のぞき窓の機能を有することを特徴とする請求項1記載の窓型プローブ。
6. 請求項1記載の窓型プローブを用いたプラズマ監視装置において、前記窓型プローブの出力端に、電圧波形を計測する電圧波形計測部を具備してなることを特徴とするプラズマ監視装置。
7. 上記電圧波形計測部により検出した電圧波形の周期的な波形の変化の不一致量を検出してプラズマの安定性を検出するプロセスモニタ機構を有することを特徴とする請求項6記載のプラズマ監視装置。
8. 上記電圧波形計測部により検出した電圧波形の変化によりプラズマの異常放電を検出する異常放電モニタ機構を有することを特徴とする請求項6記載のプラズマ監視装置。
9. 請求項6記載のプラズマ監視装置を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。
10. 上記開口部が設けられた導電性支持部材が、反応容器ののぞき窓を構成するフランジ部であり、上記誘電体部材がフランジ部を密閉する透明ガラス板であることを特徴とする請求項9記載のプラズマ処理装置。

図 1

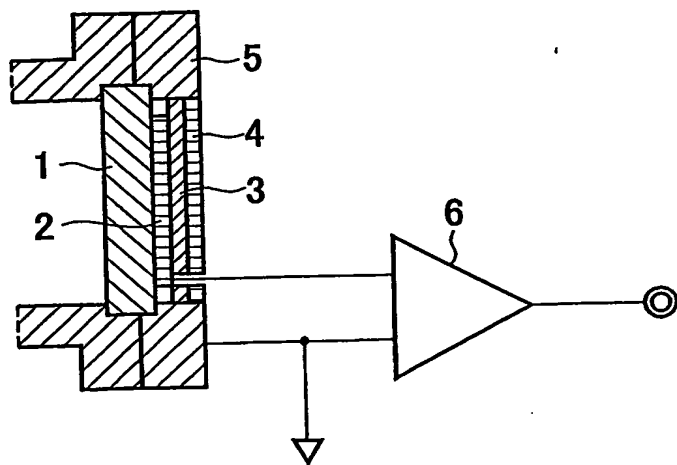


図 2

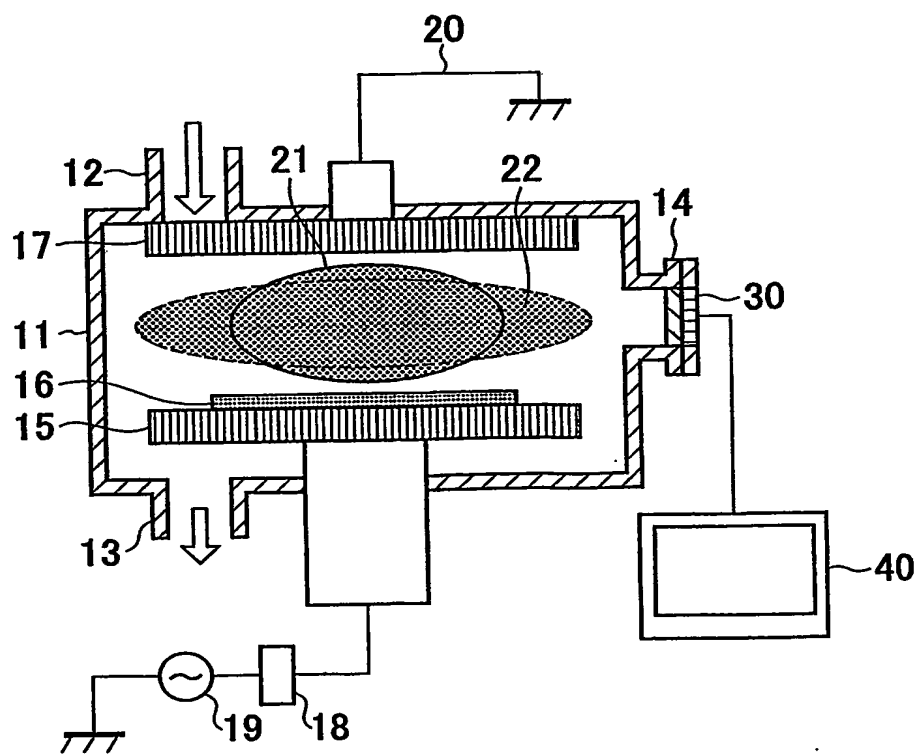


図 3

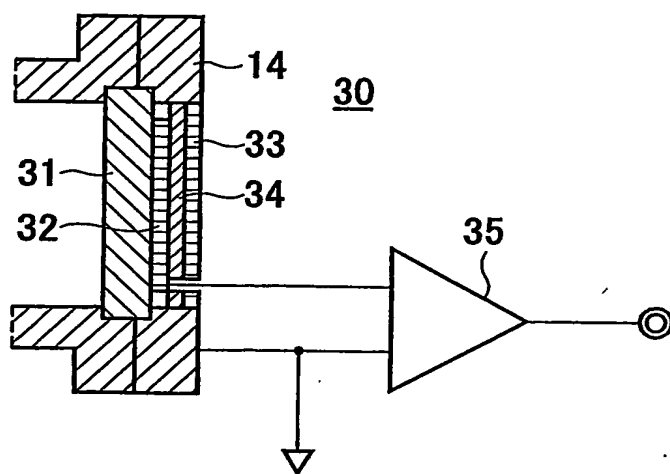


図 4

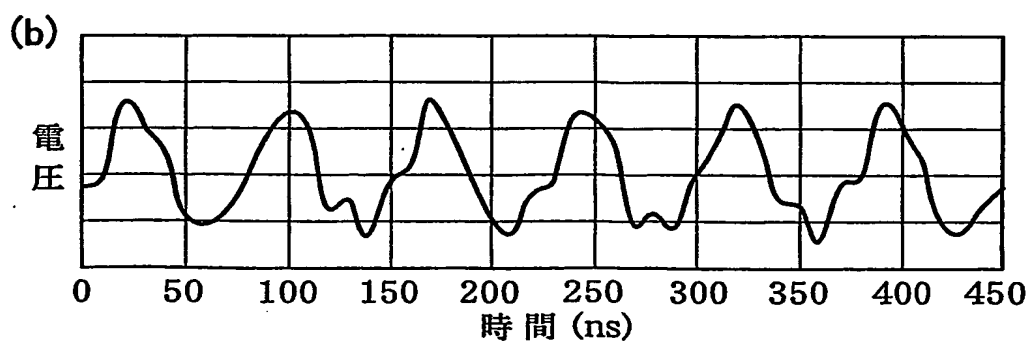
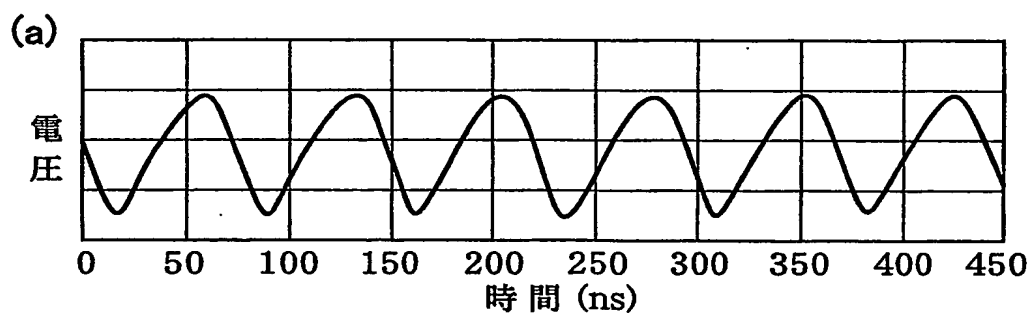


図5

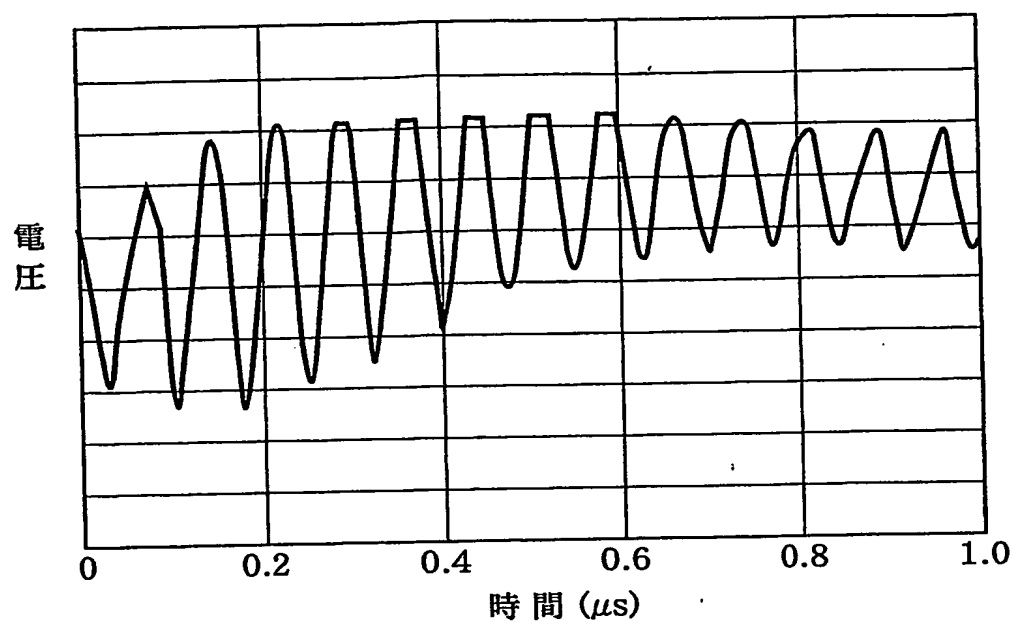


図6

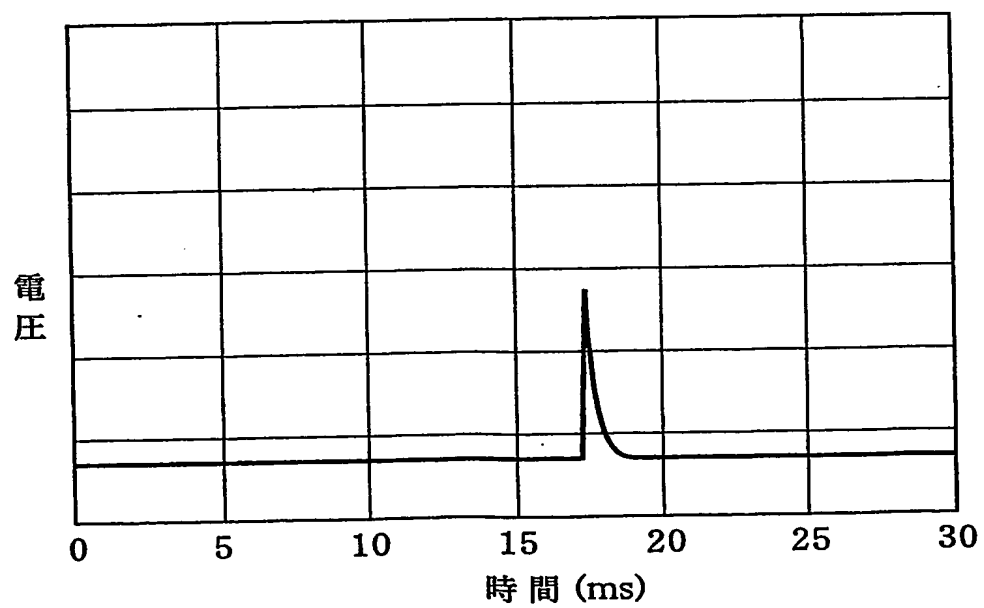


図7

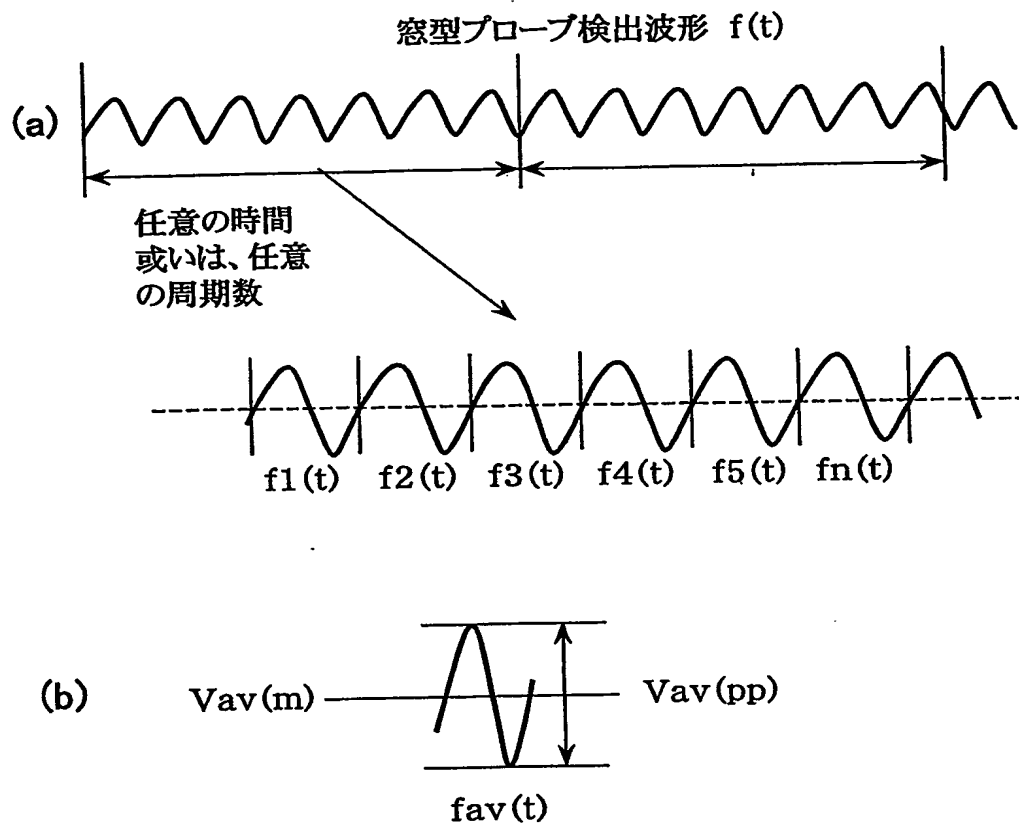


図 8

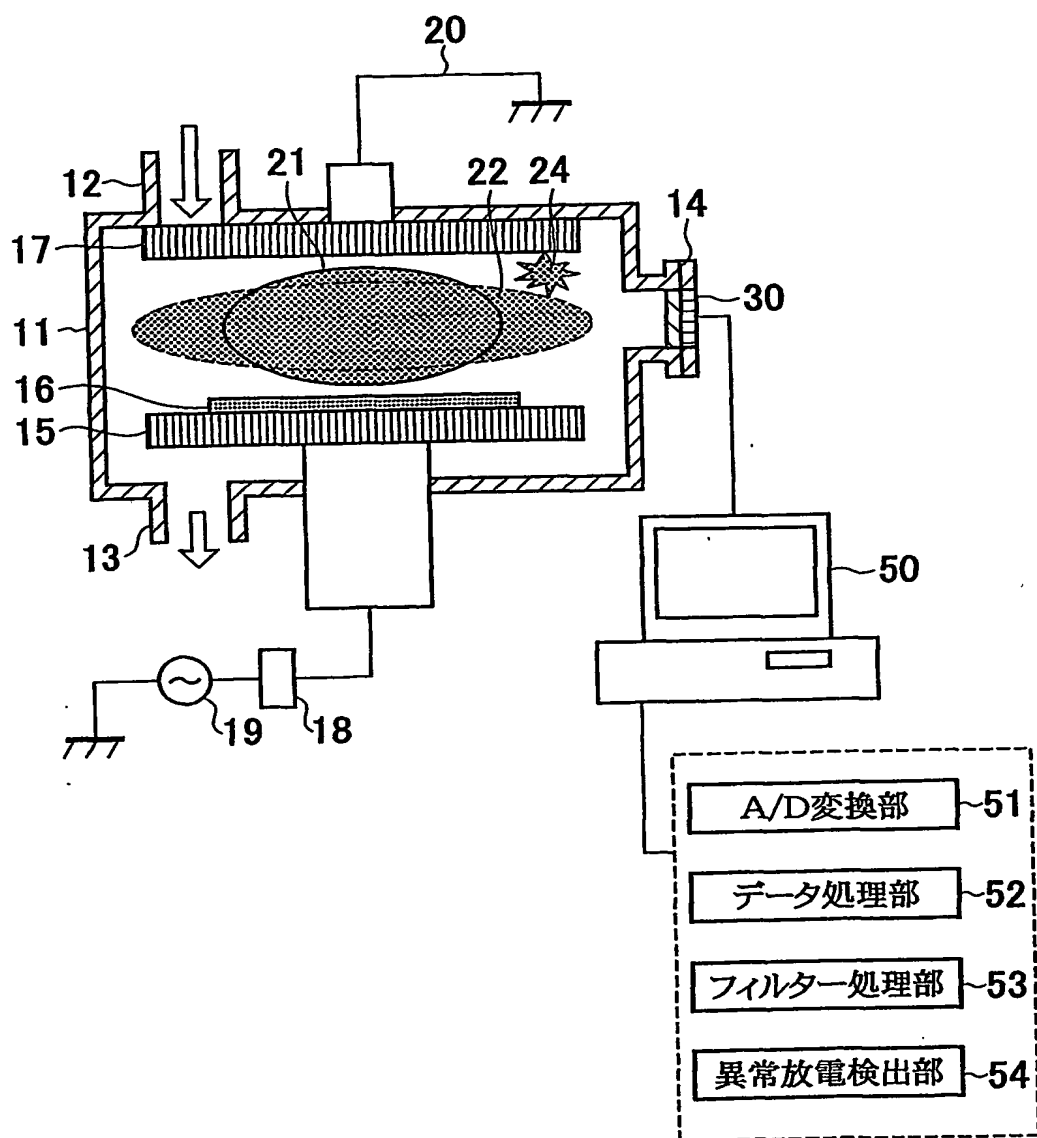


図 9

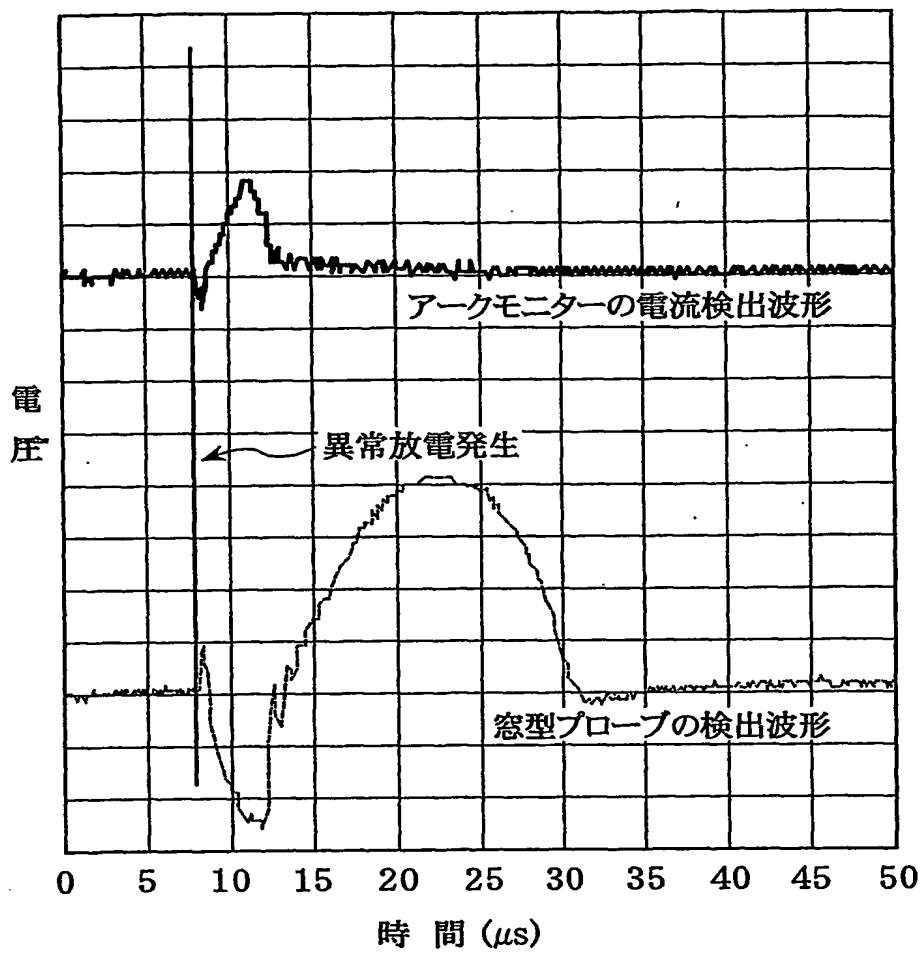


図 10

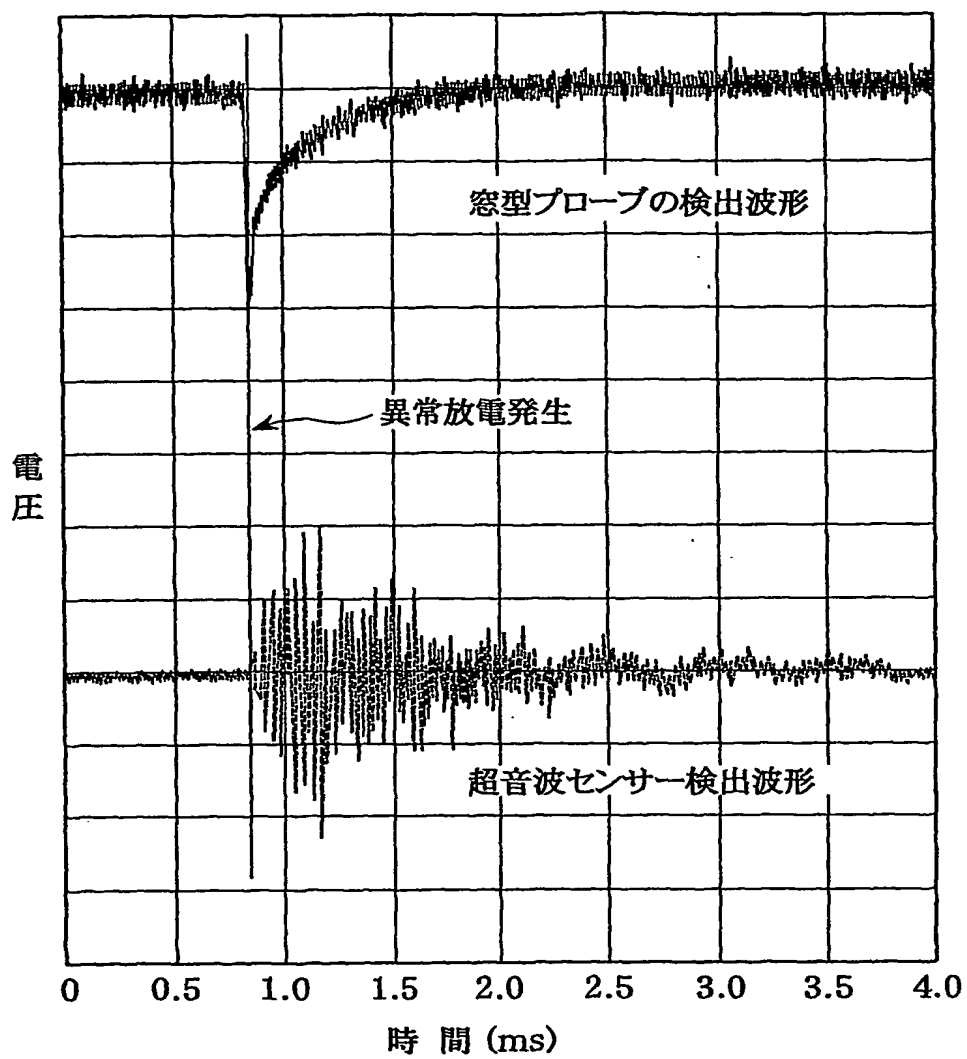


図 1 1

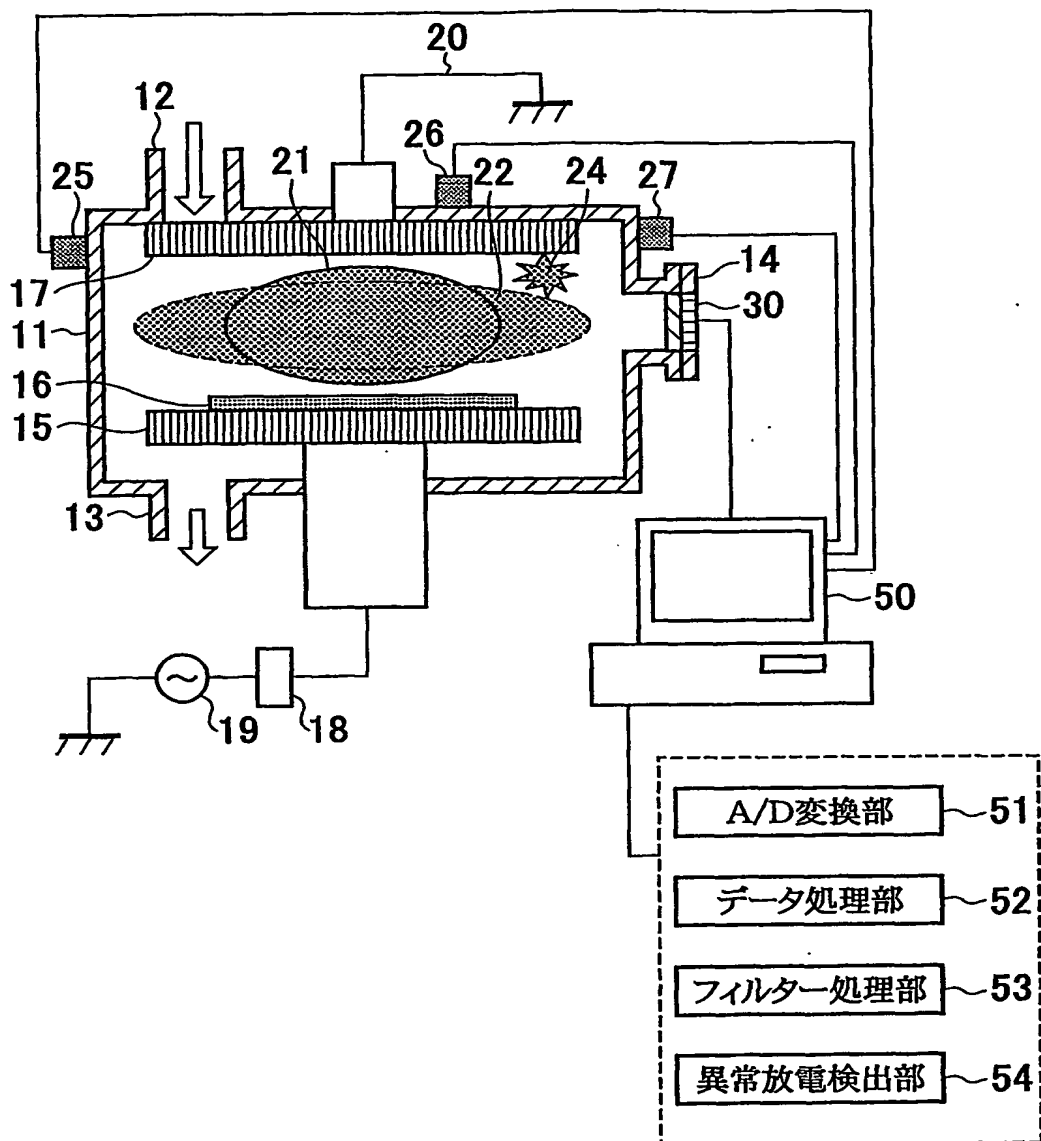


図 1 2

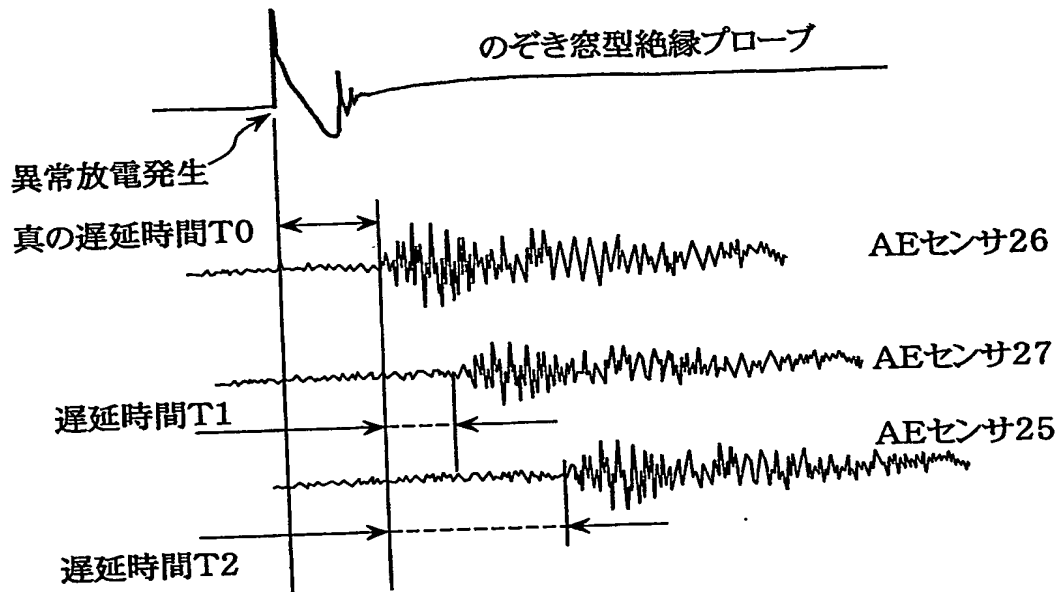
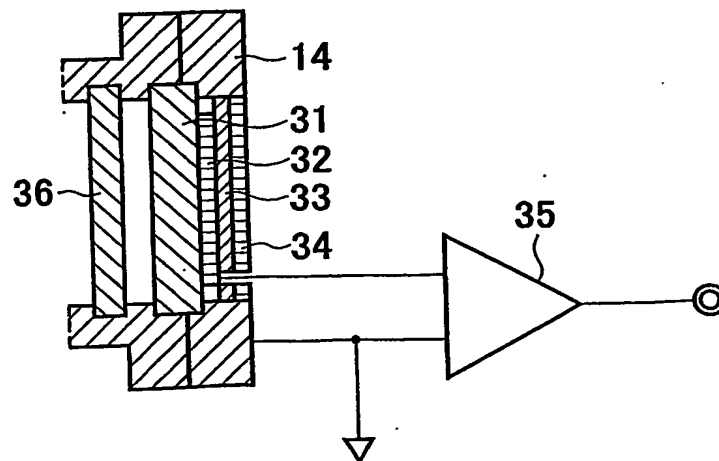


図 1 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. .
PCT/JP03/04016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/205

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L21/205

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-185825 A (Hitachi, Ltd.), 13 August, 1991 (13.08.91), Full text (Family: none)	1-10
A	JP 3-64897 A (Mitsui Toatsu Chemicals, Inc.), 20 March, 1991 (20.03.91), Full text (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
01 July, 2003 (01.07.03)

Date of mailing of the international search report
22 July, 2003 (22.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/205

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/205

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 3-185825 A (株式会社日立製作所), 1991. 08. 13, 全文 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 3-64897 A (三井東圧化学株式会社), 1991. 03. 20, 全文 (ファミリーなし)	1-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.07.03

国際調査報告の発送日

22.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田代 吉成



4R

9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3470